



**SMART  
BUILDING  
Roadshow**

**TWIN TRANSITION:**  
la grande sfida della  
rigenerazione del patrimonio  
edilizio esistente e storico



**Retrofit energetico:  
l'involucro**

Enrico De Angelis  
Politecnico di Milano

**Architetto Tecnico (prof@polimi)**

Patologia edilizia (diagnostica)  
Ingegneria delle Prestazioni  
Verifica e validazione del progetto  
Progetto dell'involucro edilizio

# Cosa è una “twin transition”?

La consapevolezza che non si possa fare *zero-carbon* senza il supporto della digitalizzazione (e magari della AI)

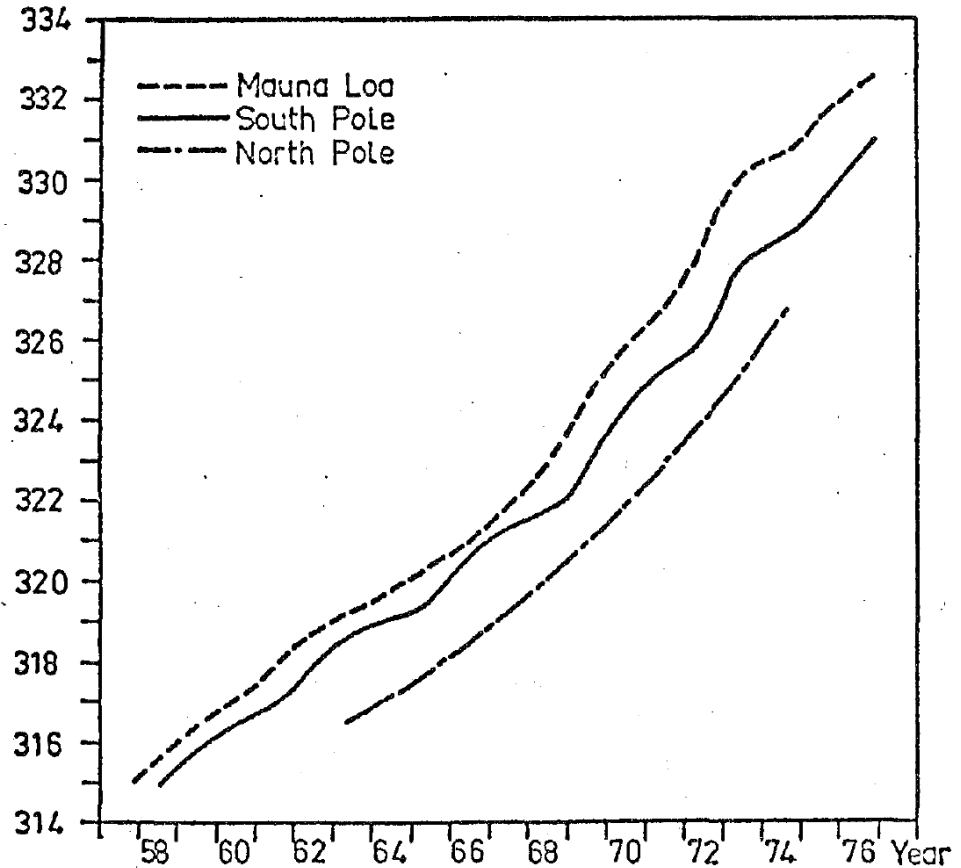


Muench, S., Stoermer, E., Jensen, K., Asikainen, T., Salvi, M. and Scapolo, F., *Towards a green and digital future*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, [doi:10.2760/977331](https://doi.org/10.2760/977331)

WMO (1979)

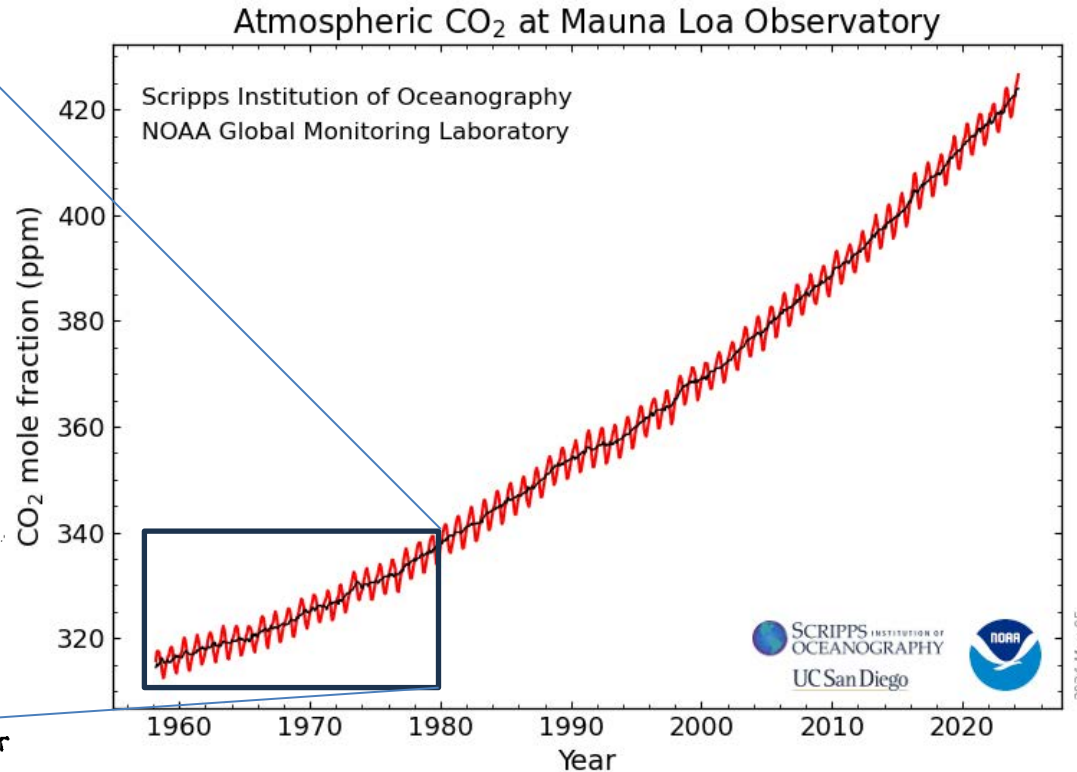
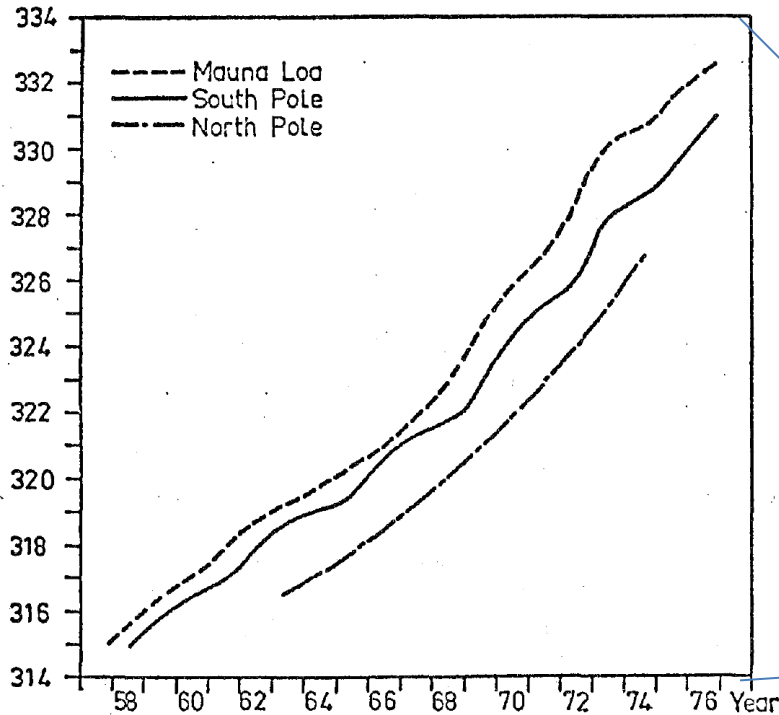
*Bert Bolin*, il capo dei meteorologi svedesi presenta un paper dal titolo "Global Ecology and Man", alla conferenza mondiale *World climate conference* del 1979 a Ginevra e si pone la domanda:

«Does man influence the global climate by modifying some basic features of the biosphere?».



# Cinquant'anni di studi sul cambio del clima in tre immagini (1)

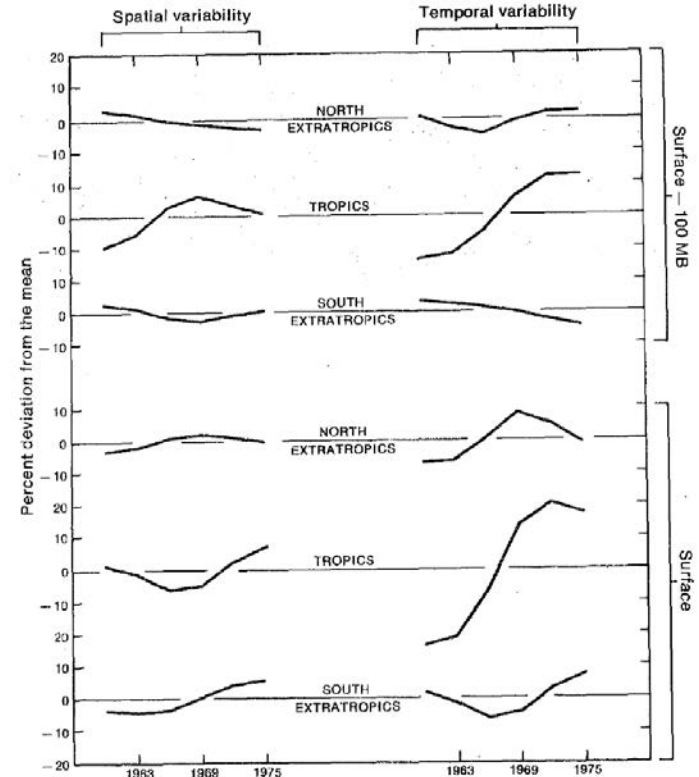
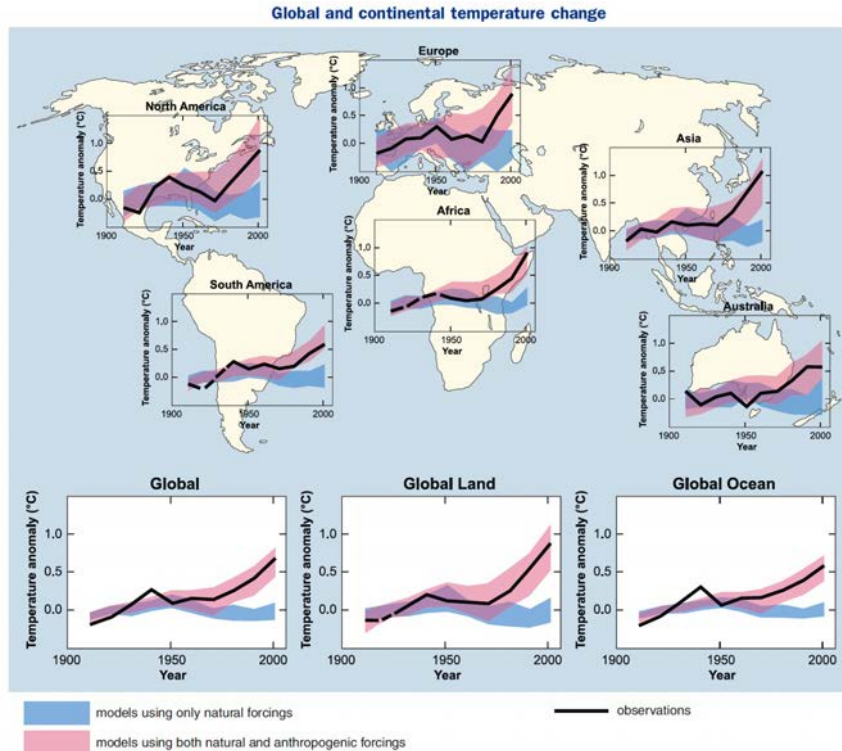
Nel 1979 era evidente la crescita della concentrazione di CO<sub>2</sub> (oggi molto di più di allora)



# Cinquant'anni di studi sul cambio del clima in tre immagini (1)

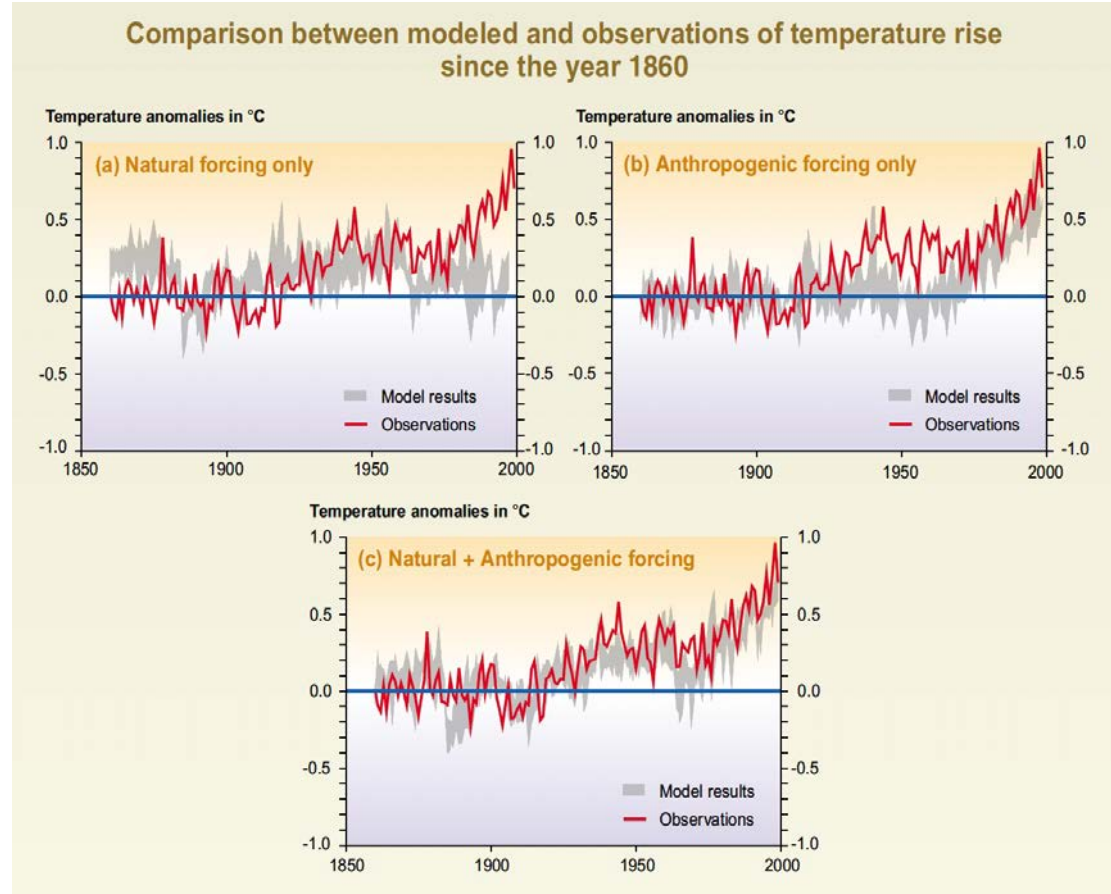
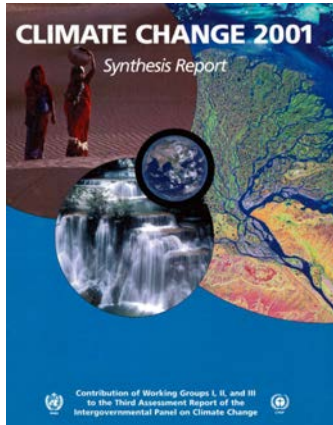
Nel 1979 era evidente la crescita della concentrazione di CO2 (oggi molto di più di allora) ma non era ancora evidente la sua conseguenza più preoccupante: il surriscaldamento (lo sarà solo molti anni dopo)

2007 - AR4



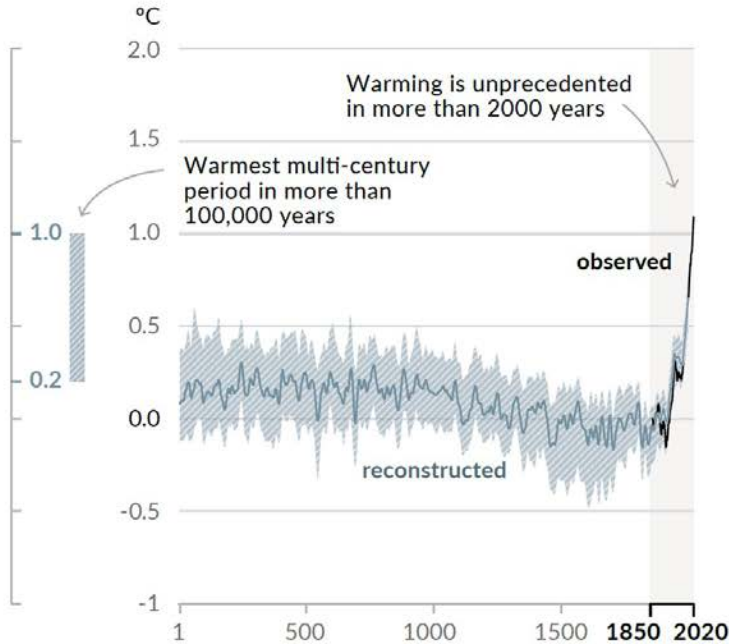


Nel 2001 la correlazione tra cambiamento climatico e gas serra diventa più chiara (da ormai 20 anni tutti i paesi del mondo stanno studiando il clima con attenzione e preoccupazione) e i dati forniscono evidenze irrefutabili

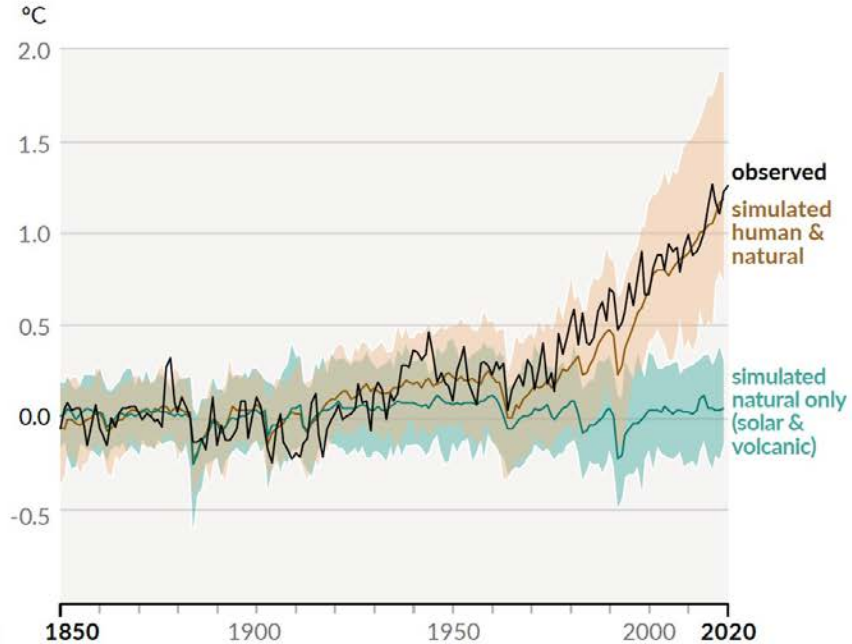


## Changes in global surface temperature relative to 1850-1900

a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and **observed** (1850-2020)



b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850-2020)



Oggi più nessuno nega il cambiamento climatico né il suo carattere antropogenico ...  
... ma il dibattito circa cosa fare e soprattutto con quali risorse è aperto.



# Perché parlare di 'involucro (delle architetture)?



Ca' Brutta, G. Muzio (1920),  
via della Moscova/Turati, Milano



# Perché parlare di 'involucro (delle architetture)?

Case popolari di viale Argonne (quartiere Acquabella/Filzi),  
F.Albini et al. (1935/38)



# Perché parlare di 'involucro (delle architetture)?

Bosco Verticale, S.Boeri, G.Barreca e G.La Varra (2014)



...che la UE auspica *sustainable, fair, and competitive*, passa attraverso la:

urbana

MANUTENZIONE?

territoriale

RIQUALIFICAZIONE?

RIGENERAZIONE

del patrimonio  
edilizio esistente



Perché il settore costruzioni, l'intera industria/filiera dell'ambiente costruito, è parte in causa di questa transizione.

Perché il nostro compito è doppio: non solo contribuire a **limitare** i cambiamenti climatici futuri (siamo ancora in tempo anche se siamo oggettivamente in ritardo), dobbiamo intervenire per **mitigare** gli effetti già attuali del cambiamento climatica.

Non possiamo farlo buttando giù e ricostruendo tutto perché avrebbe un costo ambientale e sociale (culturale) oltre che economico, insostenibile.

Il digitale ci darà una grande mano ma il nostro compito sarà fortemente HARD

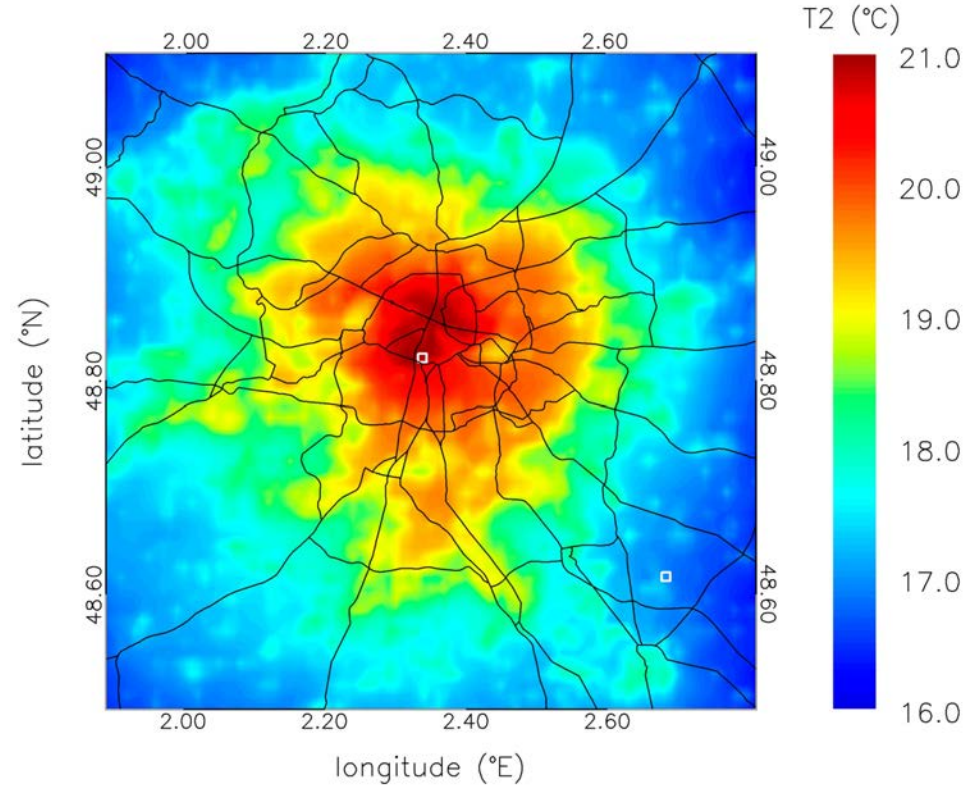
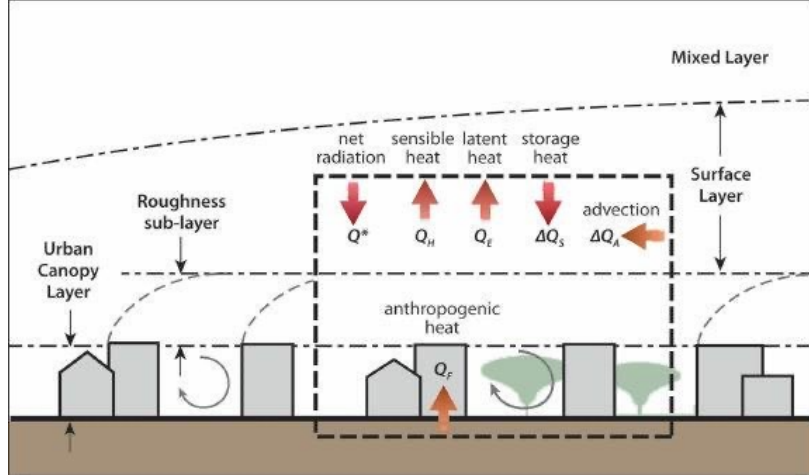
L'involucro è il centro dell'ecosistema delle prestazioni dell'edificio e avrà un ruolo chiave in tutto questo (**mitigazione intelligente e creativa**)



# L'involucro delle architetture non deve più solo "isolare"

Sono due i cambi epocali che interessano il progetto edilizio:

1. La scala edilizia non può prescindere dalla scala urbana

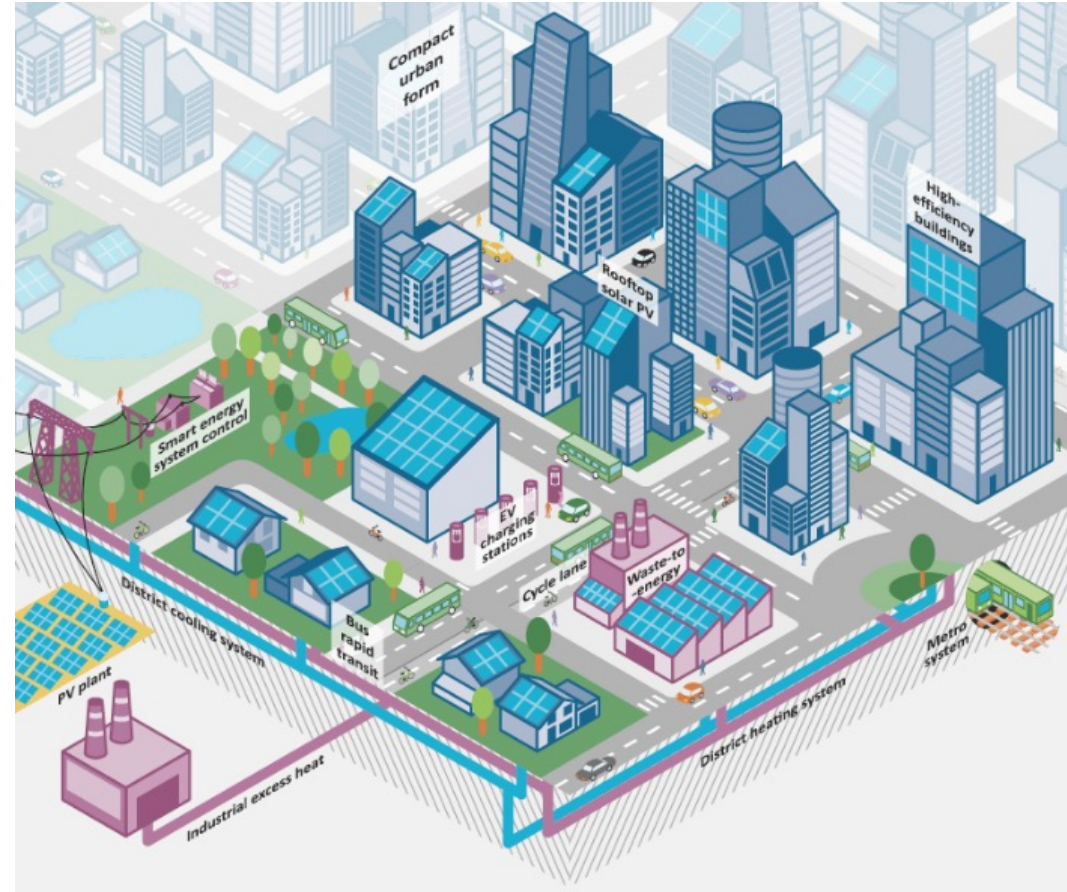
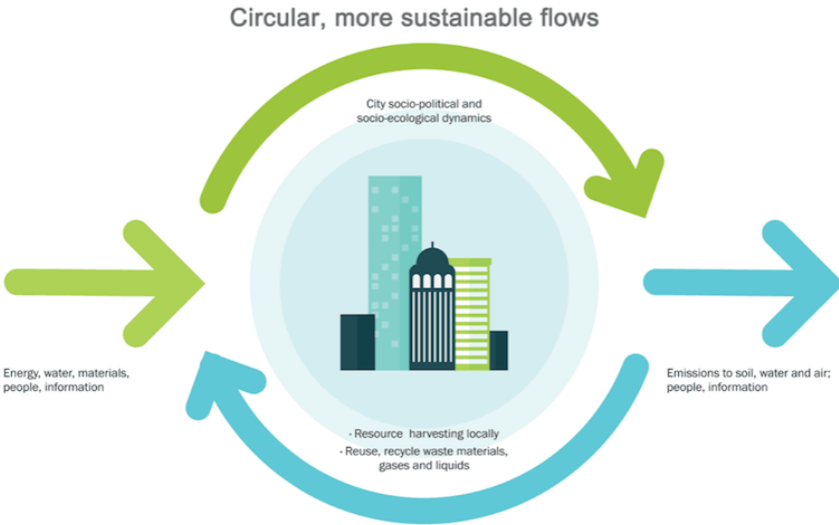


Uno studio sull'estate del 2003 a Parigi

# L'involucro delle architetture non deve più solo "isolare"

Sono due i cambi epocali che interessano il progetto edilizio:

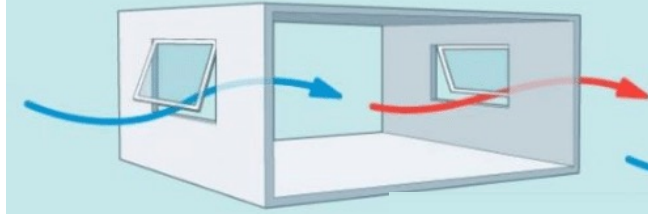
1. La scala edilizia non può prescindere dalla scala urbana



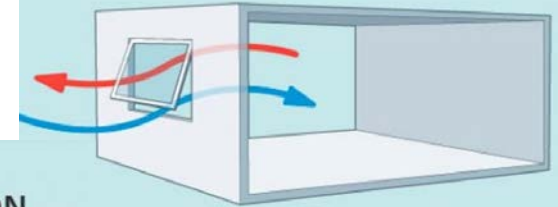
Sono due i cambi epocali che interessano il progetto edilizio:

1. La scala edilizia non può prescindere dalla scala urbana
2. L'involucro deve partecipare attivamente (e collaborare con l'utente, anticipandolo) nel creare le condizioni di comfort interno ideali, sfruttando al meglio (dinamicamente) le condizioni ambientali esterne (luce, energia, temperatura, umidità, vento)

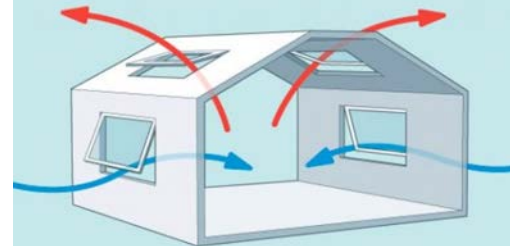
CROSS VENTILATION



SINGLE SIDED VENTILATION



STACK VENTILATION



**Anni '70:** il progetto delle prestazioni termo-energetiche dell'involucro non c'è, si dimensionano caldaia e singoli componenti (caloriferi). Il progetto dei pochi sistemi di ventilazione e raffrescamento che si realizzano richiedono qualche decina di dati di input per pochi dati di output per le situazioni "limite".

**Anni '80:** al progettista sono richieste alcune verifiche del sistema edificio-impianto (limiti ai disperdimenti per unità di volume, rischio di condensa) ma la complessità del progetto non cambia.

**Anni '90:** nei paesi europei (non in Italia) ci si occupa di fabbisogni e non più di disperdimenti solamente, si studiano i dettagli costruttivi anche dal punto di vista energetico (ponti termici). Si sperimentano le analisi dinamiche (ricerca) e i professionisti iniziano a moltiplicare per 12 (mesi) le analisi e le verifiche fatte.



**Anni 2000:** dagli Stati Uniti (insieme ai protocolli ambientali) arriva l'ipotesi di basare il progetto non più su 12 calcoli (uno per mese) ma su 8760 (uno all'ora), sulla base di dati climatici sempre più disponibili su scala globale. Il Politecnico inserirà questa opzione come elemento fondante della formazione dei suoi ingegneri edili solo nel 2013 (prima solo ricercatori e tesisti). In Europa si fa resistenza alla simulazione dinamica (simulazione semistatica: 12 valutazioni ma con una correzione "empirica" dei risultati), ma si stabilisce una regola europea relativa ai limiti di fabbisogno energetico (Direttiva EPBD).

Nel nostro paese si fa lobby, si ritarda e si semplifica l'applicazione la direttiva.

**Anni 2010:** il mondo (l'europa in particolare) è deciso a innalzare i requisiti (abbassare i limiti massimi di fabbisogno), la progettazione non cambia (sempre valutazioni mensili) ma c'è una nuova frontiera all'orizzonte:

- Il fabbisogno da considerare non è più solamente quello della fase operativa (uso) dell'edificio (si comincia a parlare seriamente di energia zero), ma anche quello della fase di realizzazione e di fine vita: si approvano le **norme quadro sulla sostenibilità** (amb/eco/sociale)
- L'utilizzo di risorse non rinnovabili non è il problema più urgente: la nuova metrica sarà quella delle **emissioni di gas a effetto serra**
- Ci si preoccupa del **surriscaldamento**: l'isola di calore a scala urbana, i cambi del clima a scala territoriale, del comfort estivo come requisito.
- Si stabiliscono le prime regole del green procurement (appalti)
- Si parla di **smart-cities** e **smart buildings**, di generazione e accumulo (non solo uso dell'energia) si ipotizza la misura della smart readiness

**Anni 2020:** il COVID rallenta un po' ma i paesi leader europei praticano:

- Il **green procurement** (prende piede anche in Italia, tramite iCAM)
- Il KPI fondamentale (GWP= chili di CO<sub>2</sub>eq) di un edificio viene misurato sull'**intero ciclo di vita** (la scelta dei prodotti da costruzione diventa fondamentale, si parla di riutilizzo non solo di rici)
- Si fanno verifiche sul numero di ore “di surriscaldamento” (o gradi ora)
- Si esplora l'utilizzo di CFD negli edifici per la valutazione dell'effettiva potenzialità di raffrescamento per ventilazione e dell'interazione tra edifici e atmosfera, a scala microclimatica (la complessità del calcolo aumenta di un fattore 10.000 e oltre, su scala urbana)

Il professionista degli anni '70 poteva liquidare il progetto sulla base di poche analisi semplificate. Sceglieva i principali elementi del sistema edificio e impianto con pochi calcoli di predimensionamento. Le imprese non avevano alcuna preoccupazione se non fare quello che avevano sempre fatto.

Oggi il progetto e la sua realizzazione non possono permettersi sprechi: sfruttare gli apporti al massimo, minimizzare disperdimenti e fabbisogni, contare sulle batterie dell'auto o su altre utenze per accumulare e usare energia in eccesso ... ottimizzare la propria azione ... Dimostrare che quanto previsto funziona, ... Tutto questo richiede una straordinaria attività di calcolo, prevenzione, dettaglio... Documentare il ciclo di vita intero ... E i sistemi costruttivi e impiantistici sono diventati complessi, va gestita l'innovazione affrontando tutti i rischi che essa comporta.



Oggi è tutto più impegnativo, difficile, complesso. Soprattutto meno “certo”.

La sfida attuale però non si risolve tornando indietro, semplificando. La semplificazione è la rinuncia ad affrontare la complessità degli obiettivi, degli strumenti e dei modelli della realtà.

Va affrontata inventando processi e organizzazioni che la sappiano gestire.

In questo la DIGITALIZZAZIONE (che, mal governata, rischia a sua volta di rendere complicato un processo complesso) è la chiave che permetterà – senza semplificazioni – di gestire COMPLESSITÀ e INCERTEZZA.

Non si può decarbonizzare (ma anche garantire comfort, sicurezza, accessibilità, ... trasparenza, ottimizzare ...) senza il supporto della digitalizzazione.



**GREEN &  
DIGITAL**